

UCEMA

Maestría en Finanzas

“The Volatility Smile”

Aplicación al Mercado Argentino

Autores:

- Christian Reos

- Julián González

Febrero 2005

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en analizar la aplicación del modelo de Black and Scholes para la determinación del precio de opciones sobre acciones en el Mercado Argentino. Es nuestra intención corroborar si, al igual que en los mercados más líquidos, los precios teóricos obtenidos utilizando las curvas de volatilidades implícitas serían más cercanos a los precios cotizados que los obtenidos mediante el uso del modelo original de Black – Scholes. Para ello se ha utilizado comparativamente como métodos de determinación de precios, el modelo de Black – Scholes y el modelo de Black – Scholes ajustado, mediante volatilidades implícitas, utilizando *curvas (o sonrisas) de volatilidad*.

Los resultados encontrados indicarían que la aplicación de BS utilizando volatilidades implícitas permite una mejor estimación de los precios, en concordancia con lo que acontece en los mercados más activos del mundo y **además, a diferencia de lo sostenido en la literatura que se basa en el mercado norteamericano, en la Argentina, los inversores le otorgan un mayor valor relativo a las opciones *out of the money* que a las opciones *at the money*.**

INDICE

- 1. Introducción**
- 2. Marco teórico**
- 3. Aplicación de Black and Scholes en el mercado argentino. Estimación de precios y volatilidades implícitas**
- 4. Conclusiones – La sonrisa perdura en el mercado local**
- 5. Bibliografía**
- 6. Anexos**

INTRODUCCION

En los mercados de capitales desarrollados es habitual que los operadores de opciones utilicen el modelo de Black – Scholes (BS) con ciertos ajustes para determinar los precios. Los cambios introducidos al modelo están relacionados con la volatilidad utilizada, ya que se apartan de la volatilidad histórica propuesta por el modelo y utilizan la volatilidad implícita acorde a cada Strike (precio de ejercicio), formando una *curva o sonrisa de volatilidad*.

Es intención de este trabajo analizar la determinación de los precios de las opciones en el Mercado Argentino, es decir comprobar si el mercado argentino se asimila en su comportamiento al de sus pares más líquidos y si es factible utilizar las mismas herramientas para su valuación. Para ello se testeará el modelo de Black – Scholes y el modelo de Black – Scholes ajustado mediante volatilidades implícitas (utilizando las *sonrisas de volatilidad*), contrastando ambos modelos con los precios reales de las opciones en el mercado.

En la próxima sección se presenta el marco teórico en el cual está basado este trabajo, resumiendo los supuestos utilizados por los modelos propuestos de valoración de opciones.

Luego se determinarán los precios mediante la utilización de ambos modelos para el caso de opciones sobre acciones argentinas pertenecientes al Merval que presenten mayor volumen de negociación. Utilizaremos además diferentes volatilidades para comprobar cuál es la que mejor predice los precios de las opciones.

MARCO TEORICO

El modelo Black & Scholes

El modelo de Black – Scholes, creado por Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton en los años 70 resultó una contribución de suma importancia para la valoración de las opciones sobre acciones. El hecho de la obtención en 1997 del premio Nóbel de Economía por parte de Scholes y Merton así lo evidencian.

Uno de los supuestos del modelo de Black – Scholes es que (en ausencia de dividendos) el precio de las acciones sigue un paseo aleatorio (random walk). Eso significa que los cambios porcentuales en el precio de las acciones en un período corto de tiempo siguen una distribución normal.

Dado el supuesto de paseo aleatorio el precio de las acciones en cualquier momento futuro seguiría una distribución lognormal. Una variable distribuida normalmente puede tomar valores positivos o negativos, mientras que una variable distribuida lognormalmente sólo puede ser positiva. Una distribución normal es simétrica, mientras que una distribución lognormal no lo es, siendo la media, la mediana y el modo diferentes. Una variable con distribución lognormal tiene por propiedad que su logaritmo neperiano está distribuido normalmente. El supuesto utilizado por el modelo de Black – Scholes es que el logaritmo neperiano del precio de las acciones en un tiempo futuro está distribuido normalmente.

Otro de los supuestos utilizados por el modelo es el de considerar constante a la volatilidad de las acciones. El modelo de Black – Scholes sugiere que la volatilidad del precio de unas acciones puede ser definida como la desviación estándar del rendimiento proporcionado por las acciones en un período de tiempo determinado.

La enumeración de los supuestos utilizados por el modelo de Black – Scholes es la siguiente:

1. El comportamiento del precio de las acciones corresponde al modelo lognormal.
2. La volatilidad utilizada es constante
3. No hay costos de transacción o impuestos. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
4. No hay oportunidades de arbitraje libres de riesgo.
5. La negociación de valores financieros es continua.
6. Los inversores pueden prestar o pedir prestado al mismo tipo de interés libre de riesgo.
7. El tipo de interés libre de riesgo a corto plazo es constante.

El modelo de BS (ver anexo I) indica que el precio de una opción es función de el precio de la acción, el precio de ejercicio, la tasa libre de riesgo, el tiempo hasta el vencimiento, la volatilidad y los dividendos que pague la acción durante la vida útil de la opción (esta última variable no incide sobre las opciones argentinas, ya que el Merval ajusta las opciones en caso de existir dividendos).

El único parámetro dentro del modelo de Black – Scholes que no puede observarse directamente es la volatilidad del precio de las acciones. Es habitual que esta variable del modelo sea estimada mediante datos históricos. Para ello se observa en intervalos fijos de tiempo (por ejemplo, cada día, cada semana, o cada mes) el precio de las acciones. Algunos analistas entienden que la volatilidad del precio de las acciones se debe exclusivamente a la

llegada aleatoria de nueva información sobre los rendimientos futuros de las acciones. Existen otros autores que sostienen que la volatilidad está causada por la negociación de las acciones. Los resultados obtenidos en las investigaciones de Fama (1965) y French (1980) sobre las volatilidades de las acciones, indican que deberían ignorarse los días en que el mercado está cerrado cuando se calcula la volatilidad mediante datos históricos y cuando la volatilidad se utiliza para valorar opciones. El número de días de negociación en un año es de 252 rondas para las acciones.

Numerosos operadores de opciones en mercados de capitales desarrollados utilizan para valorar opciones sobre acciones (tanto individuales como sobre índices) curvas de volatilidades implícitas, también llamadas *sonrisas de volatilidades*. La volatilidad implícita¹ es el valor de la varianza (σ^2) que sustituido en la ecuación original del modelo de Black – Scholes determina el precio de mercado. Este valor de σ^2 es alcanzado mediante un procedimiento de búsqueda iterativa.

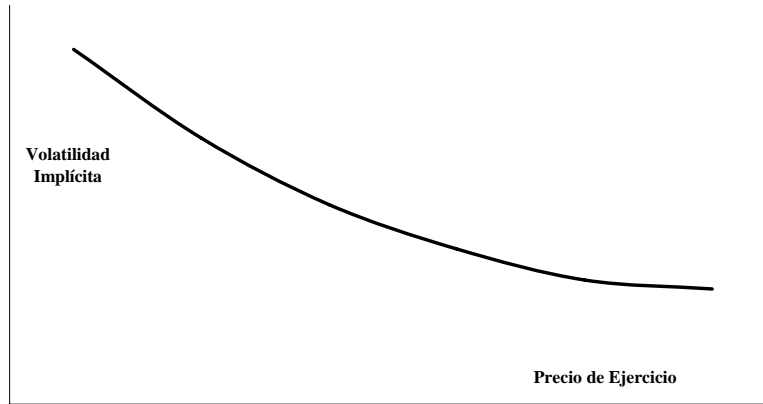
Las volatilidades implícitas son habitualmente utilizadas para corroborar la información sobre volatilidades que vuelca el mercado en los precios. Es habitual que los analistas y operadores utilicen las volatilidades implícitas a partir de opciones negociadas sobre determinadas acciones, generalmente con alto volumen de negociación, para calcular los precios de opciones menos negociadas sobre las mismas acciones.

La curva de volatilidades (Smirk) usada por los operadores para ajustar el modelo de Black – Scholes y valorar opciones sobre acciones suele presentar la forma mostrada en el Cuadro

1.

¹ La mecánica para calcular la volatilidad implícita no es lineal. La complejidad de la fórmula de BS impide simplemente rearmar la ecuación para aislar a dicha variable. Por lo tanto, la volatilidad puede ser derivada iterando diferentes valores hasta que el precio del modelo y el precio de mercado sean lo suficientemente cercanos.

Cuadro 1



La volatilidad disminuye a medida que el precio de ejercicio aumenta. La volatilidad usada para valorar una opción con precio de ejercicio bajo es significativamente más alta que la usada para valorar una opción con precio de ejercicio elevado. ²

Una posible explicación formulada por los especialistas respecto de la curva de volatilidad de opciones se relaciona con el apalancamiento. En la medida que las acciones reducen su valor, el apalancamiento aumenta. Es decir que las acciones presentan mayor riesgo y su volatilidad se incrementa. En contraposición, a medida que las acciones aumentan su valor, el apalancamiento decrece, es decir las acciones resultan menos arriesgadas y su volatilidad decrece.

En definitiva, a partir del modelo de BS, podrían obtenerse diferentes volatilidades para cada opción sobre una misma acción, contradiciendo los supuestos teóricos del modelo referidos a volatilidades constantes. En realidad, la volatilidad implícita (que difiere según

² La relación entre volatilidades implícitas y precios de ejercicios fue documentada en EUA desde 1987. Al principio, la figura tenía la forma de una U, o una sonrisa, pero en los últimos años tomó la forma que se observa en el cuadro 1 (curva con pendiente negativa)

la opción) viene a ser una variable que está aglutinando a todas las demás variables que no son tenidas en cuenta en el modelo a la hora de determinar precios. De todas maneras, a pesar de las carencias del modelo, el mismo permite comprobar cuáles son las opciones más caras (el dilema reside justamente en que según el mundo de Black and Scholes, ningún opción debería ser más cara que otra, ya que cualquier opción es sustituta perfecta de cualquier otra opción). La existencia de múltiples volatilidades implícitas está diciendo que algunas opciones son más caras que otras. Los factores que motivan la tenencia de una opción respecto a otra no están capturados explícitamente en el modelo de BS, sino que están ocultos dentro de la volatilidad implícita. En definitiva, la sonrisa de volatilidad –“the volatility smile”- es el precio que se paga por poder usar un modelo simple de valuación de opciones, que ha sido no obstante adoptado en todo el mundo para valorar opciones sobre diferentes activos.

APLICACIÓN DE BLACK & SCHOLES AL MERCADO ARGENTINO

Con el objeto de evaluar el mecanismo de determinación de precios hemos desarrollado la siguiente metodología:

1. Se determinó el grupo de opciones sobre acciones que serían evaluadas, tomando aquellas que presenten mayor volumen de negociación.
2. Se analizó que tipo de distribuciones presentaban los rendimientos de las acciones, para determinar si las mismas se acercaban al supuesto de distribución lognormal de los rendimientos propuesto por el modelo de BS.
3. A la fecha de análisis se determinó el precio teórico según el modelo de BS utilizando distintas volatilidades históricas.
4. A la misma fecha de análisis se determinó en función a los precios cotizados de las opciones objeto de estudio, las curvas o sonrisas de volatilidades (volatilidades implícitas).
5. Se determinó a una fecha distinta a la de análisis, el precio de las opciones utilizando el modelo de BS ajustado con las volatilidades implícitas y se contrastó con los precios obtenidos mediante el modelo de BS con utilizando volatilidades históricas, comparando ambas metodologías con el precio cotizado para cada una de la opciones.

Grupo de opciones objeto de estudio:

Se utilizó una fecha de análisis aleatoria, el 22-11-2004 (ese día el mercado operó sin ningún hecho extraordinario)³. Luego se identificó que opciones sobre acciones pertenecientes a distintas industrias presentaban mayor volumen negociado y operaron dentro de la última media hora de cierre del mercado.

El resultado fue la selección de las siguientes opciones sobre acciones:

Opciones de Call con vencimiento el 17 de diciembre de 2004:

Acin	Strike	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2		
	Precio Call	0,585	0,425	0,27	0,16	0,092	0,055	0,04		
Ggal	Strike	1,85	1,95	2,05	2,15	2,25	2,35	2,45	2,55	2,65
	Precio Call	0,257	0,186	0,12	0,075	0,046	0,035	0,025	0,02	0,014
Pbe	Strike	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0
	Precio Call	0,195	0,13	0,09	0,068	0,045	0,038	0,028	0,015	0,011

Al realizar el mismo análisis con las operaciones de opciones sobre acciones en el mercado norteamericano observamos las siguientes diferencias con el argentino:

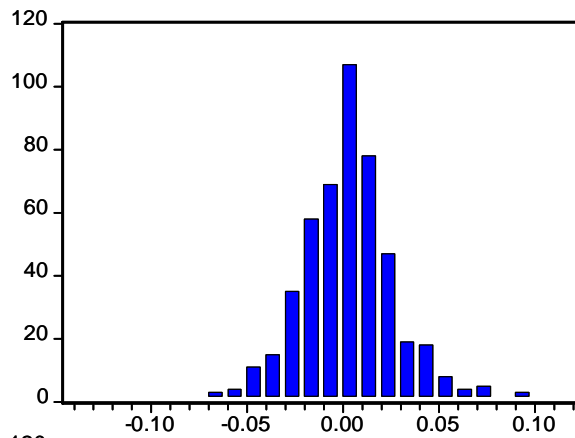
- En forma relativa, en la Argentina se operan más opciones out of the money que en USA; es decir, en este último mercado las operaciones están más concentradas en las opciones at the money, e incluso no se abren tantos precios de ejercicio diferentes (“strikes”) out of the money como se observan en el mercado argentino
- Por otro lado, el mercado de puts en la Argentina es prácticamente nulo, mientras que en EUA se observa cierta liquidez en los puts at the money

³ Además del día 22 de noviembre de 2004, también llevamos a cabo todo el procedimiento explicado en este trabajo sobre los precios del día 23 de noviembre de 2004, obteniendo resultados similares

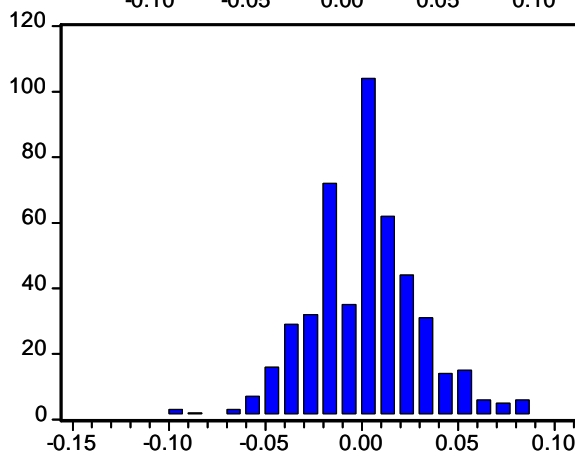
Características de las distribuciones:

Sobre las acciones definidas se procedió a analizar las características estadísticas que presentaban los rendimientos. Para ello se tomó una serie diaria de cotizaciones de los años 2003 y 2004. Para el análisis fue utilizado el programa estadístico EViews, encontrando para los 3 casos analizados parámetros bastante cercanos a la normalidad, si bien el estadístico Jarque-Bera, dada su leptocurtosis, rechaza la hipótesis de observaciones independientes distribuidas normalmente para todos ellos. Estos resultados se evidencian en las salidas generadas por el programa estadístico (cuadro 2).

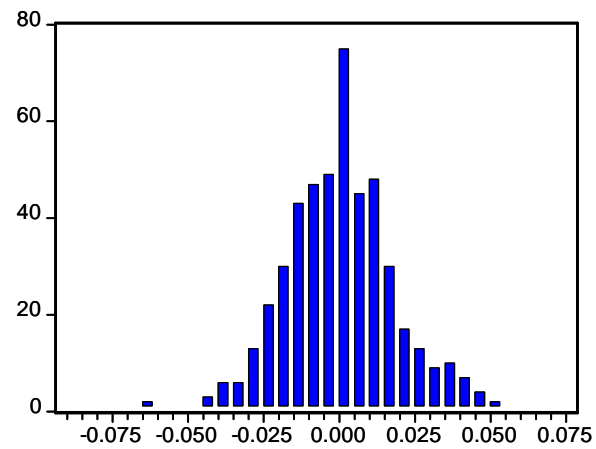
Cuadro 2



Series: ACINDAR	
Sample 1 489	
Observations 489	
Mean	0.003587
Median	0.003072
Maximum	0.118701
Minimum	-0.130362
Std. Dev.	0.026889
Skewness	0.032507
Kurtosis	5.917736
Jarque-Bera	173.5423
Probability	0.000000



Series: GALICIA	
Sample 1 489	
Observations 489	
Mean	0.002529
Median	1.92E-05
Maximum	0.101190
Minimum	-0.147800
Std. Dev.	0.030700
Skewness	-0.153176
Kurtosis	4.621119
Jarque-Bera	55.45827
Probability	0.000000



Series: PETROBRAS	
Sample 1 489	
Observations 489	
Mean	0.000757
Median	0.000000
Maximum	0.070826
Minimum	-0.086732
Std. Dev.	0.019987
Skewness	-0.189838
Kurtosis	4.968868
Jarque-Bera	81.91962
Probability	0.000000

Uno de los supuestos utilizados por el modelo de Black – Scholes es la normalidad de la distribución de los retornos⁴; de todas formas se decide seguir analizando la utilización de BS para valuar las opciones objeto del análisis, debido a la simpleza del modelo.

Determinación de precios mediante Black – Scholes:

Definido el grupo de estudio y la fecha de análisis, se continuó con el cálculo de precios mediante el modelo de Black – Scholes. Se definió como tasa libre de riesgo a la tasa de pases y cauciones a 30 días informada en el Boletín Diario de la Bolsa de Comercio de Buenos Aires para la fecha de análisis. Luego, se determinaron distintas volatilidades históricas con rango de datos de un mes, tres meses, seis meses, un año y mediante risk-metrics⁵.

Inputs Utilizados:

- Risk Free: 4.20%
- Tiempo restante hasta el vencimiento: 25 días

Acindar (\$ 4,52): precios teóricos de las opciones ante diferentes volatilidades utilizadas:

⁴ Para armar las distribuciones se tomaron rendimientos diarios de los últimos 2 años. Si hubiéramos tomado una cantidad de años tal que incluyera rendimientos previos y posteriores a la crisis de fin de 2001, la distribución hubiera resultado muy diferente a una Normal.

⁵ Riskmetrics también determina la volatilidad utilizando datos históricos, pero otorgando una mayor ponderación a las observaciones más recientes

Tabla 1:

Strike	Volatilidad Utilizada					Cotizaciones
	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics	22/11/2004
	39,12%	33,41%	30,89%	39,80%	36,85%	
4,00	0,604	0,594	0,591	0,605	0,600	0,585
4,20	0,434	0,417	0,411	0,437	0,427	0,425
4,40	0,292	0,267	0,257	0,295	0,282	0,270
4,60	0,182	0,154	0,142	0,185	0,171	0,160
4,80	0,104	0,079	0,069	0,107	0,094	0,092
5,00	0,055	0,036	0,029	0,058	0,047	0,055
5,20	0,027	0,015	0,011	0,029	0,022	0,040

Diferencias entre el cálculo teórico de precios y las cotizaciones de las opciones:

Tabla 2:

Strike	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics
4,000	0,019	0,009	0,006	0,020	0,015
4,200	0,009	(0,008)	(0,014)	0,012	0,002
4,400	0,022	(0,003)	(0,013)	0,025	0,012
4,600	0,022	(0,006)	(0,018)	0,025	0,011
4,800	0,012	(0,013)	(0,023)	0,015	0,002
5,000	0,000	(0,019)	(0,026)	0,003	(0,008)
5,200	(0,013)	(0,025)	(0,029)	(0,011)	(0,018)
Sumatoria de diferencias al cuadrado	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001

Galicia (\$ 2,07): precios teóricos de las opciones ante diferentes volatilidades utilizadas:

Tabla 3:

Strike	Volatilidad Utilizada					Cotizaciones
	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics	22/11/2004
	46,80%	38,95%	40,46%	46,39%	43,16%	
1,85	0,263	0,255	0,256	0,263	0,259	0,257
1,95	0,187	0,173	0,176	0,186	0,181	0,186
2,05	0,125	0,108	0,112	0,124	0,117	0,120
2,15	0,079	0,062	0,065	0,078	0,071	0,075
2,25	0,046	0,032	0,034	0,046	0,039	0,046
2,35	0,026	0,015	0,017	0,025	0,020	0,035
2,45	0,013	0,006	0,008	0,013	0,010	0,025
2,55	0,007	0,002	0,003	0,006	0,004	0,020
2,65	0,003	0,001	0,001	0,003	0,002	0,014

Diferencias entre el cálculo teórico de precios y las cotizaciones de las opciones:

Tabla 4:

Strike	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics
1,850	0,006	(0,002)	(0,001)	0,006	0,002
1,950	0,001	(0,013)	(0,010)	0,000	(0,005)
2,050	0,005	(0,012)	(0,008)	0,004	(0,003)
2,150	0,004	(0,013)	(0,010)	0,003	(0,004)
2,250	0,000	(0,014)	(0,012)	(0,000)	(0,007)
2,350	(0,009)	(0,020)	(0,018)	(0,010)	(0,015)
2,450	(0,012)	(0,019)	(0,017)	(0,012)	(0,015)
2,550	(0,013)	(0,018)	(0,017)	(0,014)	(0,016)
2,650	(0,011)	(0,013)	(0,013)	(0,011)	(0,012)
Sumatoria de diferencias al cuadrado	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001

Petrobras (\$ 3,11): precios teóricos de las opciones ante diferentes volatilidades utilizadas:

Tabla 5:

Strike	Volatilidad Utilizada					Cotizaciones 22/11/2004
	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics	
	36,39%	27,70%	27,00%	34,17%	31,69%	
3,00	0,176	0,151	0,149	0,170	0,162	0,195
3,10	0,121	0,093	0,090	0,114	0,106	0,130
3,20	0,079	0,052	0,050	0,072	0,064	0,090
3,30	0,049	0,026	0,025	0,043	0,036	0,068
3,40	0,029	0,012	0,011	0,024	0,019	0,045
3,50	0,016	0,005	0,004	0,013	0,009	0,038
3,60	0,008	0,002	0,002	0,006	0,004	0,028
3,80	0,002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,015
4,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011

Diferencias entre el cálculo teórico de precios y las cotizaciones de las opciones:

Tabla 6:

Strike	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics
3,000	(0,019)	(0,044)	(0,046)	(0,025)	(0,033)
3,100	(0,009)	(0,037)	(0,040)	(0,016)	(0,024)
3,200	(0,011)	(0,038)	(0,040)	(0,018)	(0,026)
3,300	(0,019)	(0,042)	(0,043)	(0,025)	(0,032)
3,400	(0,016)	(0,033)	(0,034)	(0,021)	(0,026)
3,500	(0,022)	(0,033)	(0,034)	(0,025)	(0,029)
3,600	(0,020)	(0,026)	(0,026)	(0,022)	(0,024)
3,800	(0,013)	(0,015)	(0,015)	(0,014)	(0,014)
4,000	(0,011)	(0,011)	(0,011)	(0,011)	(0,011)
Sumatoria de diferencias al cuadrado	0,002	0,010	0,011	0,004	0,006

El resumen de las sumatorias de las diferencias al cuadrado resultantes entre el cálculo de los precios teóricos mediante Black – Sholes y los cotizados evidenciados en las tablas 2, 4 y 6 son las siguientes:

	Volatilidades Utilizadas				
	1 mes	3 meses	6 meses	1 año	riskmetrics
Acindar	0,00169	0,00133	0,00285	0,00213	0,00087
Galicia	0,00060	0,00191	0,00150	0,00061	0,00094
Petrobras	0,00235	0,00974	0,01053	0,00375	0,00573

A partir de esto valores podemos concluir que, salvo en Acindar, la volatilidad histórica que determina precios más cercanos a los cotizados es la de un mes. Una explicación razonable a esta verificación es el hecho que los operadores, posiblemente utilicen este escenario temporal para determinar volatilidades y por consiguiente precios, ya que el plazo para que expiren las opciones es aproximadamente un mes.

Curvas o Sonrisas de Volatilidades:

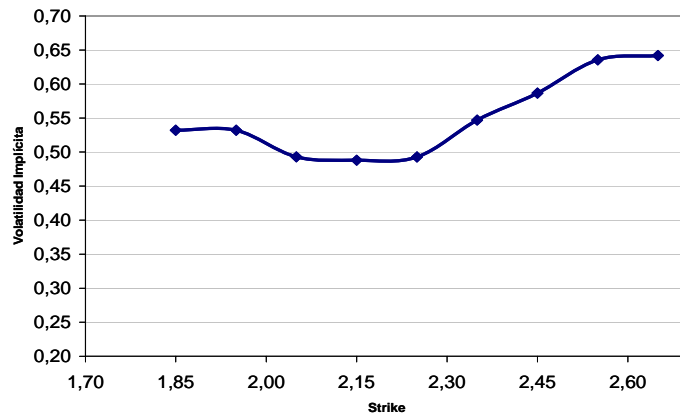
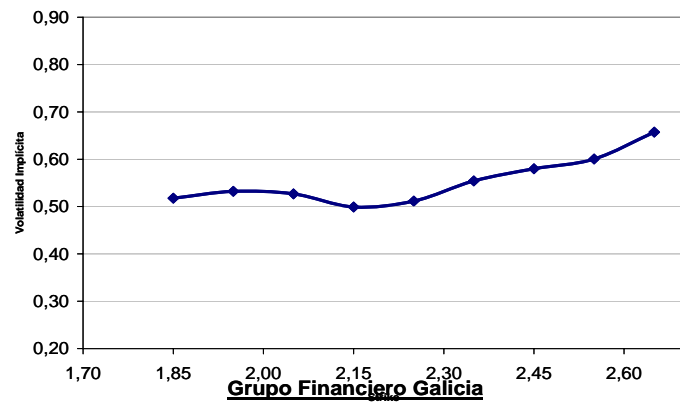
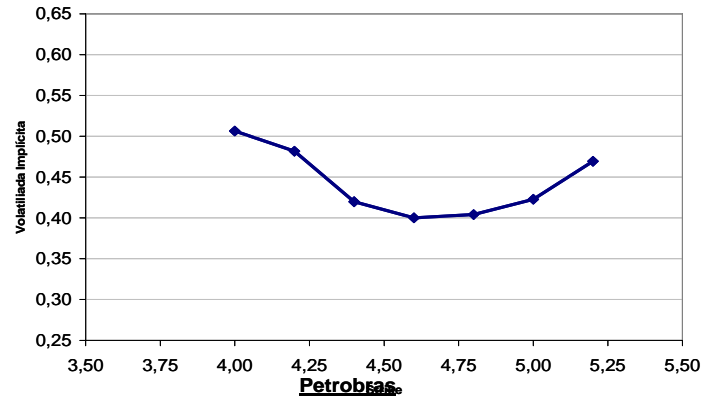
Luego se procedió a determinar las volatilidades implícitas registradas por cada una de las opciones en la fecha de análisis.

Para ello se utilizó una metodología de cálculo iterativo, incorporando el precio cotizado por las opciones como una variable del modelo. Las formas adoptadas por las curvas de volatilidades implícitas en los casos de Acindar, Grupo Financiero Galicia y Petrobrás (Cuadro 3) difieren con las formas que adquieren las curvas de volatilidades implícitas de opciones sobre acciones en la literatura que analiza los mercados desarrollados (Cuadro 1), es decir curvas de pendiente negativa (ver J. Hull) .

El patrón común que se observa en los gráficos es que las opciones “at the money” son en forma relativa las más baratas (esto se explica por ser las que menor volatilidad implícita poseen).

Cuadro 3

Acindar



Determinación de Precios mediante Black – Scholes ajustado:

Definidas las volatilidades implícitas para cada una de las opciones, se procedió a analizar si los precios futuros de las opciones se determinaban mejor utilizando las volatilidades implícitas o las volatilidades históricas (la de 30 días). La fecha utilizada para estimar precios fue el 23 de noviembre de 2004.

De esta manera, utilizando BS se estimaron los precios de las opciones para dicho día utilizando ambas volatilidades obtenidas.

ACINDAR

Tabla 7:

Strike	Volatilidad Implícita	Precio con Vol Implícita	Precio con Vol Histórica	Cotización	Diferencia con Cotización Vol. Implícita	Diferencia con Cotización Vol. Histórica
4,000	0,506	0,642	0,614	0,580	0,062	0,034
4,200	0,482	0,475	0,439	0,415	0,060	0,024
4,400	0,420	0,312	0,291	0,280	0,032	0,011
4,600	0,400	0,191	0,176	0,160	0,031	0,016
4,800	0,404	0,112	0,097	0,091	0,021	0,006
5,000	0,423	0,068	0,049	0,057	0,011	(0,008)
5,200	0,469	0,049	0,022	0,040	0,009	(0,018)
Sumatoria de diferencias al cuadrado					0,010	0,003

GRUPO FINANCIERO GALICIA

Tabla 8:

Strike	Volatilidad Implícita	Precio con Vol Implícita	Precio con Vol Histórica	Cotización	Diferencia con Cotización Vol. Implícita	Diferencia con Cotización Vol. Histórica
1,850	0,532	0,289	0,281	0,290	(0,001)	(0,009)
1,950	0,532	0,213	0,202	0,210	0,003	(0,008)
2,050	0,493	0,142	0,137	0,145	(0,003)	(0,008)
2,150	0,488	0,091	0,087	0,091	(0,000)	(0,004)
2,250	0,493	0,056	0,052	0,057	(0,001)	(0,005)
2,350	0,547	0,042	0,029	0,038	0,004	(0,009)
2,450	0,587	0,030	0,015	0,028	0,002	(0,013)
2,550	0,635	0,024	0,008	0,018	0,006	(0,010)
2,650	0,642	0,016	0,004	0,015	0,001	(0,011)
Sumatoria de difencias al cuadrado					0,0001	0,0007

PETROBRAS

Tabla 9:

Strike	Volatilidad Implícita	Precio con Vol Implícita	Precio con Vol Histórica	Cotización	Diferencia con Cotización Vol. Implícita	Diferencia con Cotización Vol. Histórica
3,000	0,396	0,206	0,196	0,220	(0,014)	(0,024)
3,200	0,381	0,096	0,089	0,101	(0,005)	(0,012)
3,300	0,417	0,072	0,056	0,075	(0,003)	(0,019)
3,400	0,417	0,047	0,033	0,046	0,001	(0,013)
3,500	0,466	0,040	0,018	0,035	0,005	(0,017)
3,600	0,485	0,029	0,010	0,026	0,003	(0,016)
3,800	0,516	0,016	0,002	0,014	0,002	(0,012)
4,000	0,573	0,011	0,000	0,009	0,002	(0,009)
Sumatoria de difencias al cuadrado					0,0003	0,0020

Las diferencias registradas en las tablas 7 a 9 entre las estimaciones y las cotizaciones reales con las siguientes:

23/11/2004		
Volatilidades Utilizadas		
	Volatilidad Implícita	Volatilidad Histórica (*)
Acindar	0,00999	0,00255
Galicia	0,00008	0,00073
Petrobras	0,00027	0,00199

(*) La Volatilidad histórica utilizada es de 1 mes.

Para los casos de Grupo Financiero Galicia y Petrobrás los precios estimados mediante las volatilidades implícitas resultan más cercanos a las cotizaciones reales, mientras que para Acindar, los precios obtenidos mediante las volatilidades históricas serían los que mejor predicen el valor de mercado de las opciones.

CONCLUSIONES – LA SONRISA PERDURA EN EL MERCADO LOCAL

A lo largo del trabajo hemos alcanzado diferentes resultados.

El primero de ellos surge del análisis de las distribuciones de los rendimientos de las acciones objeto de análisis, los cuales no han presentado características de normalidad, no cumpliendo de esta manera uno de los supuestos adoptado por el modelo teórico de BS. A pesar de ello se realizó sobre un grupo de opciones un análisis comparativo entre los precios teóricos obtenidos a través de la fórmula clásica (con volatilidades históricas) de valuación de Black and Scholes y la aplicación de BS utilizando volatilidades implícitas. Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de la fórmula clásica produce resultados bastante cercanos a los cotizados, si bien en particular observamos que la aplicación de BS utilizando volatilidades implícitas permite una mejor estimación de los precios, en concordancia con lo que acontece en los mercados más líquidos del mundo.

Por último, a diferencia de lo que explica hoy la literatura norteamericana (J. Hull y D. Chance), la curva de volatilidades implícitas en el mercado argentino no tiene pendiente negativa, sino que tiene la forma de una sonrisa, por lo que aquellas opciones que se encuentran *in the money* y *out of the money* se hallan relativamente sobrevaluadas con respecto a las opciones *at the money*.

BIBLIOGRAFIA

- Chance, D. M., “The volatility smile”
- Chance, D. M., “Empirical Test of the Pricing of Index Call Options”. *Advances in Futures and Options Research 1*, pt. (1986)
- Black, F., “How to Use the Hotels in Black-Sholes”. RISK (1988)
- Black, F., y M. Sholes, “The Valuation of Option Contracts and a Test of Market Efficiency”. *Journal of Finance* (1972).
- Dumas, B., J. Fleming, y R. E. Whaley, “Implied Volatility Functions: Empirical Test”. *Journal of Finance 53* (1998)
- Harvery, C. R., y R. E. Whaley, “S&P 100 Index Option Volatility”. *Journal of Finance 46* (1991)
- Hull, J. C., “Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones”. (2002)
- Derman, E. and I. Kani, “Riding on a Smile”, Risk 7 (feb 1994)
- Dupire, B., “Pricing with a Smile”, Risk 7 (ene 1994)
- Rubinstein, M, “Implied Binomial Trees”, The Journal of Finance 69

ANEXO I

Fórmula de Black-Sholes para los precios de opciones Europeas de compra y de venta sobre acciones que no pagan dividendos:

$$c = S_0 N(d_1) - Xe^{-rT} N(d_2)$$

$$p = Xe^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

donde

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r + \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0 / X) + (r - \sigma^2 / 2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$